

日本国特許庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

2000年 6月 5日

出願番号  
Application Number:

特願2000-167710

出願人  
Applicant(s):

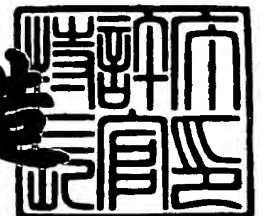
富士写真フイルム株式会社

J1046 U.S. PTO  
09/873218  
06/05/01

2001年 3月23日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3022327

【書類名】 特許願

【整理番号】 P25150J

【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿

【国際特許分類】 H01S 5/06

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 松本 研司

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100073184

【弁理士】

【氏名又は名称】 柳田 征史

【選任した代理人】

【識別番号】 100090468

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐久間 剛

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9814441

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザーおよびその作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 導波方向に垂直かつ活性層に平行な方向において、互いに離れた 2 つの部分の等価的屈折率が、隣接部分の等価的屈折率より高い構造を有する半導体レーザーの作製方法であって、

前記活性層およびそれと平行な複数の層を形成し、

その後、前記複数の層のうちの少なくとも一部の層を貫通する第 1 の溝を形成し、

この第 1 の溝が貫通している層のうちの特定層を選択的に、該第 1 の溝から両側に所定位置までエッチング除去して 1 対の第 2 の溝を形成し、

次いでこれらの第 2 の溝の中に、前記特定層より高屈折率の材料を埋め込んで前記等価的屈折率が高い 2 つの部分形成することを特徴とする半導体レーザーの作製方法。

【請求項 2】 導波方向に垂直かつ活性層に平行な方向において、互いに離れた 2 つの部分の等価的屈折率が、隣接部分の等価的屈折率より高い構造を有する半導体レーザーであって、

前記活性層およびそれと平行な複数の層を有し、

前記複数の層のうちの少なくとも一部の層を貫通する第 1 の溝が形成され、

この第 1 の溝が貫通している層のうちの特定層に、該第 1 の溝から両側に所定位置まで延びる 1 対の第 2 の溝が形成され、

これらの第 2 の溝の中に、前記特定層より高屈折率の材料が埋め込まれて前記等価的屈折率が高い 2 つの部分形成され、

前記第 1 の溝の表面部分に残った前記高屈折率の材料に接する状態にして、他の層が形成されていることを特徴とする半導体レーザー。

【請求項 3】 導波方向に垂直かつ活性層に平行な方向において、互いに離れた 2 つの部分の等価的屈折率が、隣接部分の等価的屈折率より高い構造を有する半導体レーザーであって、

前記活性層およびそれと平行な複数の層を有し、

前記複数の層のうちの少なくとも一部の層を貫通する第 1 の溝が形成され、

この第 1 の溝が貫通している層のうちの特定層に、該第 1 の溝から両側に所定位置まで延びる 1 対の第 2 の溝が形成され、

これらの第 2 の溝の中に、前記特定層より高屈折率の材料が埋め込まれて前記等価的屈折率が高い 2 つの部分が形成され、

前記第 1 の溝の表面部分に接する状態にして、前記高屈折率の材料とは異なる材料からなる他の層が形成されていることを特徴とする半導体レーザー。

【請求項 4】 導波方向に垂直かつ活性層に平行な方向において、互いに離れた 2 つの部分の等価的屈折率が、隣接部分の等価的屈折率より高い構造を有する半導体レーザーであって、

前記活性層およびそれと平行な複数の層を有し、

前記複数の層のうちの少なくとも一部の層を貫通する第 1 の溝が形成され、

この第 1 の溝が貫通している層のうちの特定層に、該第 1 の溝から両側に所定位置まで延びる 1 対の第 2 の溝が形成され、

これらの第 2 の溝の中に、前記特定層より高屈折率の材料が埋め込まれており

前記第 1 の溝内で露出している前記高屈折率の材料の上に、この材料よりも低屈折率の材料の層が積層されて、該低屈折率の材料の外側に前記等価的屈折率が高い 2 つの部分が形成されていることを特徴とする半導体レーザー。

【請求項 5】 前記高屈折率の材料および前記低屈折率の材料が、両材料の積層方向に屈折率が次第に変化する 1 つの屈折率分布材料からなることを特徴とする請求項 4 記載の半導体レーザー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は半導体レーザーに関し、特に詳細には、互いに間隔をおいて延びる 1 対の高屈折率層の間に基本横モード光を閉じ込めるようにした、いわゆる S-ARROW 構造を有する半導体レーザーに関するものである。

【0002】

また本発明は、このS-ARROW 構造を有する半導体レーザーを製造する方法に関するものである。

【0003】

【従来の技術】

現在、半導体レーザーは、レーザー光が回折限界まで集光可能である性質を利用し、光通信用光源、また光ディスク装置用光源等として広く用いられている。しかしながら、半導体レーザーから放射される光ならば全て回折限界まで集光可能であるわけではない。半導体レーザーの出射端面において、位相が揃っている光のみが集光される。このような光を提供できる状態の半導体レーザーは、基本横モードで発光していると呼ばれている。それに対して、様々な位相の光が混在している状態、つまり高次の横モードが混在して発光している状態では、回折限界まで集光することはできない。

【0004】

上述の基本横モード動作は、高次の横モードが混在し難くなるように、発光断面積を小さくすればするほど、安定することが広く知られている。そのため、半導体レーザーにおける導波路のサイズは、厚さ方向においては $1\mu\text{m}$ 以下、発光層に水平な方向には2乃至 $4\mu\text{m}$ 程度に設定される。特に、この水平方向の幅を狭めれば狭めるほど、安定して基本横モードで発光する素子を高い歩留りで製造可能となることは、経験的にも広く知られている。

【0005】

しかしながら、このように導波路の横幅を狭めて発光断面積を狭くすると、必然的に、半導体レーザーの出射端面における光密度の上昇を招く。この出射端面における光密度の増大は、半導体レーザーの構成材料の劣化を招き、素子の寿命を短くする一要因となる。

【0006】

言い換えれば、基本横モードの安定化（導波路の断面積を小さくすること）と、光出力の増大（導波路の断面積を大きくすること）はトレードオフの関係にある。そこで、この限界を打破することが、現在の半導体レーザーの研究、開発における大きな課題となっている。

## 【 0 0 0 7 】

そのアイデアとして、IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, Vol.10, No.8, August 1998 に開示されているように、S-ARROW ( Simplified Antiresonant Reflecting Optical Waveguide ) 構造が提案されている。この構造では、発光幅は  $6\text{ }\mu\text{m}$  程度であり、従前の構造と比較して発光断面の幅を1.5～2 倍に設定することができ、最大光出力の改善が期待されている。

## 【 0 0 0 8 】

以下、このS-ARROW構造の半導体レーザーが基本横モードで発光する理由を説明する。

## 【 0 0 0 9 】

まず図18の(a)に、本構造を有する半導体レーザーの主要部分の断面形状（導波方向に垂直な断面内の形状）を示す。この半導体レーザーは、n-GaAs基板39上に、n-InGaPからなる下部クラッド層38、InGaAs量子井戸活性層を含んだInGaAsPからなるSCH(Separate-confinement-heterostructure)構造層37、p-InGaPからなる上部クラッド層36および32、n-GaAsからなるエッチング停止層35、n-AlInPからなる電流阻止層34、n-GaAsからなる例えば厚さ $0.25\text{ }\mu\text{m}$ のガイド部33、そしてp-GaAsからなるコンタクト層31が形成されてなる。

## 【 0 0 1 0 】

ここで、上記のガイド部33を構成しているGaAsは、周囲部分に比較して高い屈折率を有するため、SCH構造層37と平行な方向において等価的な屈折率は、同図の(b)に示す通り、ガイド部で高く、その他の部分では低い分布を持つことになる。

## 【 0 0 1 1 】

このような導波路構造において、2本のガイド部33の各幅Aは、それらの間に基本横モードの光のみを閉じ込める一方、高次の横モードの光はそれらの間に閉じ込められることなく、ガイド部33の外側に漏れ出るようになる寸法が選ばれる。前掲の参考文献によれば、ガイド部33の幅Aは $0.85\text{ }\mu\text{m}$ 、溝幅Bは $6.5\text{ }\mu\text{m}$ とされている。

## 【 0 0 1 2 】

また電流阻止層34の作用により、レーザーの利得の基となる電流はこれら2本のガイド部33の間にのみ注入され、レーザー光に対する利得は、ガイド部33の間のみで発生する。

## 【 0 0 1 3 】

このため、基本横モードの光のみがガイド部33の間に閉じ込められ、十分な利得を得ることができる。一方、高次の横モードの光はガイド部33の間に閉じ込められないので、利得を得ることができない。そこで当然の帰結として、基本横モードの光が優先的に発光することになり、半導体レーザーは高光出力まで安定な基本横モードにて動作する。

## 【 0 0 1 4 】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかし従来は、このS-ARROW 構造を作製する際に、以下に示す理由のために低歩留りになることが避けられず、それが量産上の大きな問題となっていた。この理由を説明するために、まず図19～22を参照してS-ARROW 構造を有する半導体レーザーの作製方法を説明する。

## 【 0 0 1 5 】

まず図19に示すように、有機金属成長法により、n-GaAs基板39上に、n-InGaPからなる下部クラッド層38、InGaAs量子井戸活性層を含んだInGaAsPからなるSCH(Separate-confinement-heterostructure)構造層37、p-InGaPからなる上部クラッド層36、n-GaAsからなるエッチング停止層35、n-AlInPからなる電流阻止層34、n-GaAsからなる厚さ $0.25\mu\text{m}$ のガイド部33を順次成長させる。

## 【 0 0 1 6 】

次にフォトリソグラフィ工程およびエッチング工程により、ガイド部33となるGaAsを残し、周囲のGaAs層を除去して、図20に示す断面構造を得る。

## 【 0 0 1 7 】

さらに図21に示すように、フォトリソグラフィ工程により、幅Bの溝（図18参照）に対応する部分以外にレジストパターン40を形成する。

## 【 0 0 1 8 】

その後、上記レジストパターン40をマスクとして、p-InGaPからなる上部クラ

ッド層36が露出するまで半導体層を順次エッチング除去して、図22に示す断面構造を得る。

【0019】

その後、レジストパターン40を除去し、再度、結晶成長により p-InGaPからなる上部クラッド層32、p-GaAsからなるコンタクト層31を形成すると、図18に示す構造を有する半導体レーザーが得られる。

【0020】

以上述べた従来方法では、S-ARROW構造を作成するにあたり、2度のフォトリソグラフィ工程を行ない、1対のレジストパターン40の形状を $0.1\mu\text{m}$ 程度の非常に高い精度で互いに一致させる必要があった。この精度が低いと、各ガイド部33の幅が互いに異なって所定幅からずれたり、それぞれの形成位置が所定位置からずれたりする。

【0021】

そのように形成された半導体レーザーにおいては、基本横モード以外の光がガイド部間に残るため、基本横モード以外で発光したり、また、基本横モードの光が十分にガイド部間を導波せず、基本横モードでの発振閾電流値が上昇したりする不具合が生じる。具体的には、ガイド部33の位置や幅が所定値から $0.1\sim 0.2\mu\text{m}$ 程度ずれても、半導体レーザーの特性劣化を招いてしまう。

【0022】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、高屈折率の1対のガイド部の形状の精度が高くて、それにより安定して基本横モードで発光し、また基本横モードでの発振閾電流値を低く保つことができる、S-ARROW構造を有する半導体レーザーを提供することを目的とするものである。

【0023】

また本発明は、そのような半導体レーザーを作製する方法を提供することを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】

本発明による半導体レーザーの作製方法は、



導波方向に垂直な面内で活性層に平行な方向において、互いに離れた2つの部分の等価的屈折率が、隣接部分の等価的屈折率より高い構造を有する半導体レーザーの作製方法であって、

前記活性層およびそれと平行な複数の層を形成し、

その後、前記複数の層のうちの少なくとも一部の層を貫通する第1の溝を形成し、

この第1の溝が貫通している層のうちの特定層を選択的に、該第1の溝から両側に所定位置までエッチング除去して1対の第2の溝を形成し、

次いでこれらの第2の溝の中に、前記特定層より高屈折率の材料を埋め込んで前記等価的屈折率が高い2つの部分を形成することを特徴とするものである。

【 0 0 2 5 】

他方、本発明による第1の半導体レーザーは、上記第1の方法によって作製可能なもので、

導波方向に垂直な面内で活性層に平行な方向において、互いに離れた2つの部分の等価的屈折率が、隣接部分の等価的屈折率より高い構造を有する半導体レーザーであって、

前記活性層およびそれと平行な複数の層を有し、

前記複数の層のうちの少なくとも一部の層を貫通する第1の溝が形成され、

この第1の溝が貫通している層のうちの特定層に、該第1の溝から両側に所定位置まで延びる1対の第2の溝が形成され、

これらの第2の溝の中に、前記特定層より高屈折率の材料が埋め込まれて前記等価的屈折率が高い2つの部分が形成され、

前記第1の溝の表面部分に残った前記高屈折率の材料に接する状態にして、他の層が形成されていることを特徴とするものである。

【 0 0 2 6 】

また本発明による第2の半導体レーザーは、上記第2の方法によって作製可能なもので、

導波方向に垂直な面内で活性層に平行な方向において、互いに離れた2つの部分の等価的屈折率が、隣接部分の等価的屈折率より高い構造を有する半導体レ-

ザーであって、

前記活性層およびそれと平行な複数の層を有し、

前記複数の層のうちの少なくとも一部の層を貫通する第 1 の溝が形成され、

この第 1 の溝が貫通している層のうちの特定層に、該第 1 の溝から両側に所定位置まで延びる 1 対の第 2 の溝が形成され、

これらの第 2 の溝の中に、前記特定層より高屈折率の材料が埋め込まれて前記等価的屈折率が高い 2 つの部分が形成され、

前記第 1 の溝の表面部分に接する状態にして、前記高屈折率の材料とは異なる材料からなる他の層が形成されていることを特徴とするものである。

【 0 0 2 7 】

また本発明による第 3 の半導体レーザーは、上記第 3 の方法によって作製可能なもので、

導波方向に垂直な面内で活性層に平行な方向において、互いに離れた 2 つの部分の等価的屈折率が、隣接部分の等価的屈折率より高い構造を有する半導体レーザーであって、

前記活性層およびそれと平行な複数の層を有し、

前記複数の層のうちの少なくとも一部の層を貫通する第 1 の溝が形成され、

この第 1 の溝が貫通している層のうちの特定層に、該第 1 の溝から両側に所定位置まで延びる 1 対の第 2 の溝が形成され、

これらの第 2 の溝の中に、前記特定層より高屈折率の材料が埋め込まれており

前記第 1 の溝内で露出している前記高屈折率の材料の上に、この材料よりも低屈折率の材料の層が積層されて、該低屈折率の材料の外側に前記等価的屈折率が高い 2 つの部分が形成されていることを特徴とするものである。

【 0 0 2 8 】

なお上記第 3 の半導体レーザーにおいて、前記高屈折率の材料および前記低屈折率の材料は、それぞれが一定の屈折率を有する 2 つの材料であってもよいし、あるいは、両材料の積層方向に屈折率が次第に変化する 1 つの屈折率分布材料であってもよい。

【 0 0 2 9 】

## 【発明の効果】

本発明による各半導体レーザーの作製方法においては、活性層と平行な層を貫通する第1の溝を形成した後、この第1の溝が貫通している層のうちの特定層を選択的に、該第1の溝から両側に所定位置までエッチング除去して1対の第2の溝を形成しているから、これら1対の第2の溝は当然互いに等しいエッチング速度で形成され、第1の溝からの深さが等しいものとなる。そこで、これら1対の第2の溝に埋め込まれた高屈折率の材料の幅、つまりガイド部の幅は、自己整合的に高精度で互いに等しいものとなる。

【 0 0 3 0 】

したがって、本発明の方法によって作製された半導体レーザーは、高屈折率材料からなる1対のガイド部の形状の精度が高くて、それにより安定して基本横モードで発光し、また基本横モードでの発振閾電流値を低く保てるものとなる。

【 0 0 3 1 】

## 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図1は、本発明の第1の実施形態による半導体レーザーの、導波方向に垂直な断面内の形状を示すものであり、また図2～6はこの半導体レーザーを作製する工程を順を追って示している。

【 0 0 3 2 】

図1(a)に示す通りこの半導体レーザーは、n-GaAs基板23上に、n-InGaPからなる下部クラッド層22、InGaAs量子井戸活性層を含んだInGaAsPからなるSCH構造層21、p-InGaPからなる上部第1クラッド層20、p-GaAsからなる第1エッチング停止層19、n-InGaPからなる第2エッチング停止層18、n-GaAsからなる第1電流阻止層17、n-InGaAsPからなる第2電流阻止層16、n-AlGaAsからなる第3電流阻止層15、n-GaAsからなるカバー層14、p-GaAsからなるガイド層13、p-AlGaAsからなる上部第2クラッド層12、およびp-GaAsからなるコンタクト層11を備えてなる。またn-GaAs基板23の裏面にはn側電極24が、コンタクト層11の上にはp側電極25が形成されている。

## 【 0 0 3 3 】

ここで、第 2 電流阻止層 16、第 3 電流阻止層 15 を構成する半導体はそれぞれ、GaAs よりも屈折率が低くなるような組成とする。本構造にて、水平方向（SCH 構造層 21 と平行な方向）の屈折率分布を決めるのは、上部第 1 クラッド層 20 より上の屈折率の高い GaAs からなる層である。ただし、第 3 電流阻止層 15 より上の GaAs 層は発光部分から遠いため、屈折率分布に対する効果が小さい。したがって、等価的な屈折率の分布は、図 6 中の斜線で示す第 1 電流阻止層 17 およびガイド層 13 を構成する GaAs の分布と同等である。当然、厚い GaAs 層を有する部位 C は、他の部分と比べて等価的に高い屈折率を有する。そこでこの構造は、水平方向に見ると図 1 (b) 中に示す等価的な屈折率分布を持ち、前述した S-ARROW 構造の導波路構造となっていることが分かる。

## 【 0 0 3 4 】

次に、この半導体レーザーを製造する方法を、図 2 ～ 6 を参照して説明する。まず図 2 に示すように、有機金属成長法により n-GaAs 基板 23 上に、n-InGaP からなる下部クラッド層 22、InGaAs 量子井戸活性層を含んだ InGaAsP からなる SCH 構造層 21、p-InGaP からなる上部第 1 クラッド層 20、p-GaAs からなる第 1 エッチング停止層 19、n-InGaP からなる第 2 エッチング停止層 18、n-GaAs からなる第 1 電流阻止層 17、n-InGaAsP からなる第 2 電流阻止層 16、n-AlGaAs からなる第 3 電流阻止層 15、n-GaAs からなるカバー層 14 を順次成長させる。

## 【 0 0 3 5 】

次に図 3 に示すように、フォトリソグラフィ工程により、溝部を残してレジストパターン 70 を形成する。さらに図 4 に示すように、化学エッチング法により、カバー層 14、第 3 電流阻止層 15、第 2 電流阻止層 16、第 1 電流阻止層 17 および第 2 エッチング停止層 18 をエッチング除去する。これにより、基板 23 の表面と交わる方向に延びる第 1 の溝 71 が形成される。

## 【 0 0 3 6 】

次にこの半導体多層膜を、InGaAsP に対してのみエッチング速度が速い酒石酸系のエッチング液に浸して、電流阻止層 16 を上記第 1 の溝 71 から左右両方向に所定位置まで除去し、さらにレジストパターン 70 も除去すると、図 5 に示す断面構

造が得られる。ここで、上述のように電流阻止層16を除去して得られる、SCH構造層21と平行な方向に延びる溝を第2の溝72と称する。

## 【 0 0 3 7 】

さらに図6に示すように、p-GaAsからなるガイド層13、p-AlGaAsからなる上部第2クラッド層12、p-GaAsからなるコンタクト層11を、それぞれ結晶成長させて形成する。この際、気相成長法を用いれば、ガイド部Cに対応する狭い第2の溝72にも容易に成長原料ガスが進入するので、該第2の溝72をガイド層13によって埋めることができる。

## 【 0 0 3 8 】

その後、コンタクト層11の上にp側電極25を形成し、さらに基板23を研磨してからn側電極24を形成する。さらに、試料をへき開して形成した共振器面に高反射率コート、低反射率コートを形成し、その後チップ化すると、図1に示した半導体レーザー素子が得られる。

## 【 0 0 3 9 】

この半導体レーザー素子を、導電性のろう材(In等)を用いてジャンクションダウンでヒートシンクに実装し、n側電極24の側にワイヤーボンドを施すと半導体レーザー装置が完成する。

## 【 0 0 4 0 】

この実施の形態においては、電流阻止層16を第1の溝71から左右両方向に所定位置までエッチング除去して第2の溝72を形成しているので、左右の第2の溝72は互いに第1の溝71から等距離の位置まで延びるものとなる。したがってガイド層13の、左右の第2の溝72に埋め込まれる各部分の幅は、自己整合的に、高い精度で互いに等しくなる。そこで、このS-ARROW構造を有する半導体レーザーは、安定して基本横モードで発光し、また基本横モードでの発振閾電流値を低く保てるものとなる。

## 【 0 0 4 1 】

具体的に上記構成の半導体レーザー素子は、共振器長1.5mmにて、発振波長980nmで発振するが、出力0.5Wまで光出力-電流特性の上で異常無く動作する。またこの半導体レーザー素子は、近視野像の乱れも無く、実際のシステム搭載時

においても、安定な光出力を得ることができた。そして以上述べた作製方法によれば、このような特性の半導体レーザー素子を再現性良く得ることができる。

## 【 0 0 4 2 】

次に、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。図 7 は、本発明の第 2 の実施形態による半導体レーザーの、導波方向に垂直な断面内の形状を示すものであり、また図 8 ～ 1 2 はこの半導体レーザーを作製する工程を順を追って示している。

## 【 0 0 4 3 】

図 7 (a) に示す通りこの半導体レーザーは、n-GaAs 基板 60 上に、n-InGaP からなる下部クラッド層 59、InGaAs 量子井戸活性層を含んだ InGaAsP からなる SCH 構造層 58、p-InGaP からなる上部第 1 クラッド層 57、n-GaAs からなる第 1 エッチング停止層 56、n-AlGaAs からなる第 1 電流阻止層 55、n-InGaAsP からなる第 2 電流阻止層 54、n-AlGaAs からなる第 3 電流阻止層 53、n-GaAs からなるガイド層 50、p-InGaP からなる上部第 2 クラッド層 52、および p-GaAs からなるコンタクト層 51 を備えてなる。また n-GaAs 基板 60 の裏面には n 側電極 61 が、コンタクト層 51 の上には p 側電極 62 が形成されている。

## 【 0 0 4 4 】

ここで、第 1 電流阻止層 55、第 2 電流阻止層 54 および第 3 電流阻止層 53 を構成する半導体はそれぞれ、GaAs よりも屈折率が低くなるような組成とする。本構造にて、水平方向 (SCH 構造層 58 と平行な方向) の屈折率分布を決めるのは、屈折率の高い GaAs ガイド層 50 である。そこでこの構造は、水平方向に見ると図 7 (b) 中に示す等価的屈折率分布を持ち、前述した S-ARROW 構造の導波路構造となっていることが分かる。

## 【 0 0 4 5 】

次に、この半導体レーザーを製造する方法を、図 8 ～ 1 2 を参照して説明する。まず図 8 に示すように、有機金属成長法により n-GaAs 基板 60 上に、n-InGaP からなる下部クラッド層 59、InGaAs 量子井戸活性層を含んだ InGaAsP からなる SCH 構造層 58、p-InGaP からなる上部第 1 クラッド層 57、n-GaAs からなる第 1 エッチング停止層 56、n-AlGaAs からなる第 1 電流阻止層 55、n-InGaAsP からなる第 2 電流

阻止層54、 $n$ -AlGaAsからなる第3電流阻止層53、GaAsからなる保護層63を順次成長させる。

## 【 0 0 4 6 】

次に図9に示すように、フォトリソグラフィ工程により、溝部を残してレジストパターン64を形成する。次いで化学エッチング法により、保護層63、第3電流阻止層53、第2電流阻止層54および第1電流阻止層55を順次エッチング除去する。これにより、基板60の表面と交わる方向に延びる第1の溝71が形成される。

## 【 0 0 4 7 】

次にこの半導体多層膜を、InGaAsPに対してのみエッチング速度が速い酒石酸系のエッチング液に浸して、第2電流阻止層54を上記第1の溝71から左右両方向に所定位置まで除去し、さらにレジストパターン64も除去すると、図10に示す断面構造が得られる。ここで、上述のように第2電流阻止層54を除去して得られる、SCH構造層58と平行な方向に延びる溝を第2の溝72と称する。

## 【 0 0 4 8 】

さらに図11に示すように、GaAsからなるガイド層50を気相成長法を用いて形成する。この際、気相成長法を用いることにより、狭い第2の溝72にも容易に成長原料ガスが進入するので、該第2の溝72をガイド層50によって埋めることができる。

## 【 0 0 4 9 】

次に、GaAsを溶解する性質のあるアンモニアと過酸化水素水の混合液からなるエッチング液に、以上のように形成した半導体多層膜を浸す。このエッチング液はInGaAsPを溶かすことはなく、また、InGaAsPに挟まれた形のGaAs薄層であるガイド層50に対しては、著しく溶解速度が低下する性質があるため、図12に示す構造を得ることができる。

## 【 0 0 5 0 】

その後、 $p$ -InGaPからなる上部第2クラッド層52、 $p$ -GaAsからなるコンタクト層51を気相成長にて形成し、コンタクト層51の上に $p$ 側電極62を形成し、さらに基板60を研磨してから $n$ 側電極61を形成する。そして、試料をへき開して形成した共振器面に高反射率コート、低反射率コートを形成し、その後チップ化すると

、図 7 に示した半導体レーザー素子が得られる。

【 0 0 5 1 】

この実施の形態においては、第 2 電流阻止層 54 を第 1 の溝 71 から左右両方向に所定位置までエッチング除去して第 2 の溝 72 を形成しているので、左右の第 2 の溝 72 は互いに第 1 の溝 71 から等距離の位置まで延びるものとなる。したがってガイド層 50 の、左右の第 2 の溝 72 に埋め込まれる各部分の幅は、自己整合的に、高い精度で互いに等しくなる。そこで、この S-ARROW 構造を有する半導体レーザーは、安定して基本横モードで発光し、また基本横モードでの発振閾電流値を低く保てるものとなる。

【 0 0 5 2 】

上記構成の半導体レーザー素子も、共振器長 1.5 mm にて、発振波長 980 nm で発振するが、出力 0.5 W まで光出力-電流特性の上で異常無く動作する。またこの半導体レーザー素子は、近視野像の乱れも無く、実際のシステム搭載時においても、安定な光出力を得ることができた。そして以上述べた作製方法によれば、このような特性の半導体レーザー素子を再現性良く得ることができる。

【 0 0 5 3 】

次に、本発明の第 3 の実施の形態について説明する。図 1 3 は、本発明の第 3 の実施形態による半導体レーザーの、導波方向に垂直な断面内の形状を示すものであり、また図 1 4 ～ 1 7 はこの半導体レーザーを作製する工程を順を追って示している。

【 0 0 5 4 】

図 1 3 (a) に示す通りこの半導体レーザーは、n-GaAs 基板 93 上に、n-InGaP からなる下部クラッド層 91、InGaAs 量子井戸活性層を含んだ InGaAsP からなる SCH 構造層 90、p-InGaP からなる上部第 1 クラッド層 89、p-GaAs からなるエッチング停止層 88、n-InGaAsP からなる第 1 電流阻止層 86、n-AlGaAs からなる第 2 電流阻止層 85、n-GaAs からなるカバー層 84、p-GaAs からなるガイド層 83、p-AlGaAs からなる逆ガイド層 92、p-AlGaAs からなる上部第 2 クラッド層 82、および p-GaAs からなるコンタクト層 81 を備えてなる。また n-GaAs 基板 93 の裏面には n 側電極 94 が、コンタクト層 81 の上には p 側電極 95 が形成されている。



## 【 0 0 5 5 】

ここで、 $n$ -InGaAsPからなる電流阻止層86を構成する半導体は、GaAsよりも屈折率が低くなるような組成とする。また、 $p$ -AlGaAsからなる逆ガイド層92を構成する半導体は、 $n$ -AlGaAsからなる電流阻止層85よりも屈折率が低くなるような組成とする。

## 【 0 0 5 6 】

したがって、本構造にて水平方向（SCH構造層90と平行な方向）の屈折率分布を決めるのは、図17中で101の破線にて示す屈折率が低い部分と、同図中で102の斜線部にて示す屈折率が高い部分である。溝中央部では、高い屈折率と低い屈折率の半導体が重なりあっているために屈折率は打ち消し合い、その一方、えぐった部分Dについては、屈折率の高い部分しか存在しない。そこでこの構造は、水平方向に見ると図13(b)中に示す等価的屈折率分布を持ち、前述したS-ARROW構造の導波路構造となっていることが分かる。

## 【 0 0 5 7 】

次に、この半導体レーザーを製造する方法を、図14～17を参照して説明する。まず図14に示すように、有機金属成長法により $n$ -GaAs基板93上に、 $n$ -InGaPからなる下部クラッド層91、InGaAs量子井戸活性層を含んだInGaAsPからなるSCH構造層90、 $p$ -InGaPからなる上部第1クラッド層89、 $p$ -GaAsからなるエッチング停止層88、 $n$ -InGaAsPからなる第1電流阻止層86、 $n$ -AlGaAsからなる第2電流阻止層85、 $n$ -GaAsからなるカバー層84を順次成長させる。

## 【 0 0 5 8 】

次に図15に示すように、フォトリソグラフィ工程により、溝部を残してレジストパターン110を形成する。さらに化学エッチング法により、 $n$ -GaAsからなるカバー層84、 $n$ -AlGaAsからなる第2電流阻止層85および $n$ -InGaAsPからなる第1電流阻止層86をエッチング除去する。これにより、基板93の表面と交わる方向に延びる第1の溝71が形成される。

## 【 0 0 5 9 】

次にこの半導体多層膜を、InGaAsPに対してのみエッチング速度が速い酒石酸系のエッチング液に浸し、第1電流阻止層86を上記第1の溝71から左右両方向に

所定位置まで除去し、さらにレジストパターン110も除去すると、図16に示す断面構造が得られる。ここで、上述のように第1電流阻止層86を除去して得られる、SCH構造層90と平行な方向に延びる溝を第2の溝72と称する。

## 【0060】

さらに図17に示すように、p-GaAsからなるガイド層83、p-AlGaAsからなる逆ガイド層92、p-AlGaAsからなるクラッド層82、およびp-GaAsからなるコンタクト層81を結晶成長により形成する。この際、気相成長法を用いることにより、狭い第2の溝72にも容易に成長原料ガスが進入するので、該第2の溝72をガイド層83によって埋めることができる。

## 【0061】

その後、コンタクト層81の上にp側電極95を形成し、さらに基板93を研磨してからn側電極94を形成する。さらに、試料をへき開して形成した共振器面に高反射率コート、低反射率コートを形成し、その後チップ化すると、図13に示した半導体レーザー素子が得られる。

## 【0062】

この実施の形態においては、第1電流阻止層86を第1の溝71から左右両方向に所定位置までエッチング除去して第2の溝72を形成しているので、左右の第2の溝72は互いに第1の溝71から等距離の位置まで延びるものとなる。したがってガイド層83の、左右の第2の溝72に埋め込まれる各部分の幅は、自己整合的に、高い精度で互いに等しくなる。そこで、このS-ARROW構造を有する半導体レーザーは、安定して基本横モードで発光し、また基本横モードでの発振閾電流値を低く保てるものとなる。

## 【0063】

なお以上説明した各実施の形態では、n型基板上に各層を成長させているが、本発明ではp型基板を用いてもよく、その場合は導電性を反転するだけでよい。

## 【0064】

また以上は、GaAs系半導体を用いる実施の形態について説明したが、本発明ではそれに限らず、GaN系、InP系、あるいはその他の半導体を用いることも可能である。

【 0 0 6 5 】

また半導体のエッチングは、液体、気体に拘わらず、InGaAsPと他の結晶を選択的にエッチングできるものであれば、何を用いても支障は無い。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施形態による半導体レーザーの概略断面図

【図 2】

図 1 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 3】

図 1 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 4】

図 1 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 5】

図 1 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 6】

図 1 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 7】

本発明の第 2 の実施形態による半導体レーザーの概略断面図

【図 8】

図 7 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 9】

図 7 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 1 0】

図 7 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 1 1】

図 7 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 1 2】

図 7 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 1 3】

本発明の第 3 の実施形態による半導体レーザーの概略断面図

【図 1 4】

図 1 3 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 1 5】

図 1 3 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 1 6】

図 1 3 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 1 7】

図 1 3 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 1 8】

S-ARROW 構造を有する従来の半導体レーザーの概略断面図

【図 1 9】

図 1 8 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 2 0】

図 1 8 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 2 1】

図 1 8 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【図 2 2】

図 1 8 の半導体レーザーの作製工程を示す図

【符号の説明】

- 11 p-GaAsコンタクト層
- 12 p-AlGaAs上部第 2 クラッド層
- 13 p-GaAsガイド層
- 14 n-GaAsカバー層
- 15 n-AlGaAs第 3 電流阻止層
- 16 n-InGaAsP第 2 電流阻止層
- 17 n-GaAs第 1 電流阻止層
- 18 n-InGaP第 2 エッチング停止層
- 19 p-GaAs第 1 エッチング停止層

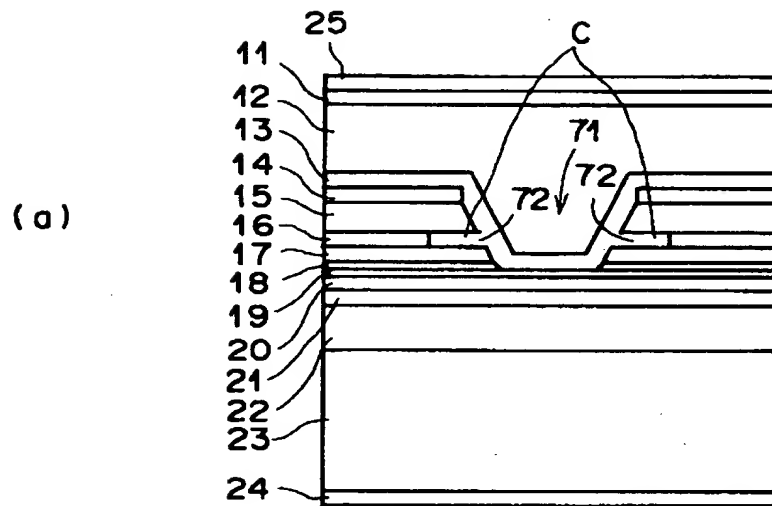
- 20 p-InGaP上部第1クラッド層
- 21 InGaAsP-SCH構造層
- 22 n-InGaP下部クラッド層
- 23 n-GaAs基板
- 24 n側電極
- 31 p-GaAsコンタクト層
- 32 p-InGaP上部クラッド層
- 33 n-GaAsガイド部
- 34 n-AlInP電流阻止層
- 35 n-GaAsエッチング停止層
- 36 p-InGaP上部クラッド層
- 37 SCH構造層
- 38 n-InGaP下部クラッド層
- 39 n-GaAs基板
- 40 レジストパターン
- 50 n-GaAsガイド層
- 51 p-GaAsコンダクト層
- 52 p-InGaP上部第2クラッド層
- 53 n-AlGaAs第3電流阻止層
- 54 n-InGaAsP第2電流阻止層
- 55 n-AlGaAs第1電流阻止層
- 56 n-GaAs第1エッチング停止層
- 57 p-InGaP上部第1クラッド層
- 58 InGaAsP-SCH構造層
- 59 n-InGaP下部クラッド層
- 60 n-GaAs基板
- 61 n側電極
- 62 p側電極
- 63 GaAs保護層

- 64、 70 レジストパターン
- 71 第 1 の溝
- 72 第 2 の溝
- 81 p-GaAsコンタクト層
- 82 p-AlGaAs上部第 2 クラッド層
- 83 p-GaAsガイド層
- 84 n-GaAsカバー層
- 85 n-AlGaAs第 2 電流阻止層
- 86 n-InGaAsP第 1 電流阻止層
- 88 p-GaAsエッチング停止層
- 89 p-InGaP上部第 1 クラッド層
- 90 InGaAsP-SCH構造層
- 91 n-InGaP下部クラッド層
- 92 p-AlGaAs逆ガイド層
- 93 n-GaAs基板
- 94 n 側電極
- 95 p 側電極
- 110 レジストパターン

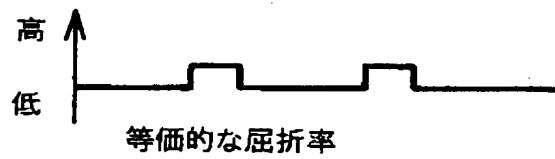
【書類名】

図面

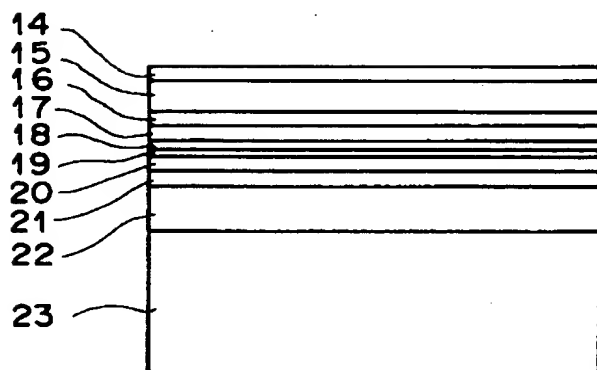
【図 1】



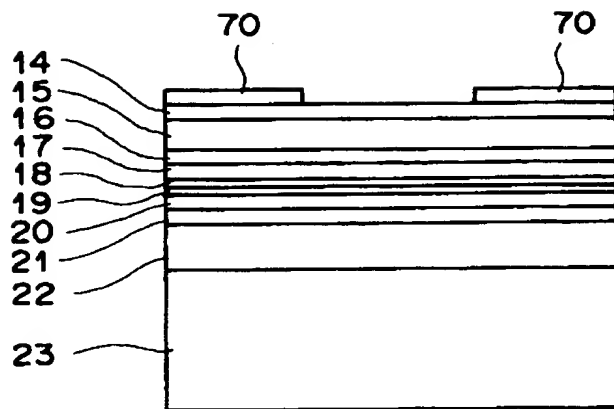
(b)



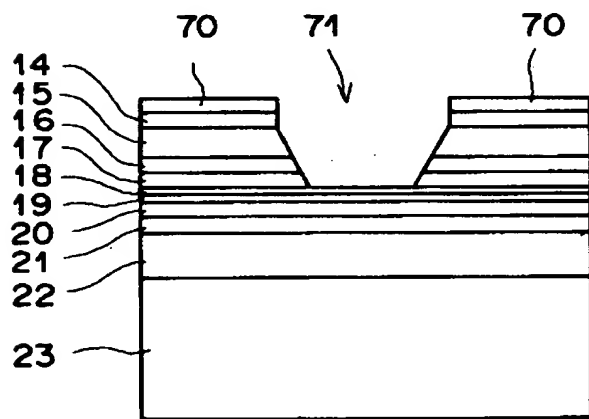
【図 2】



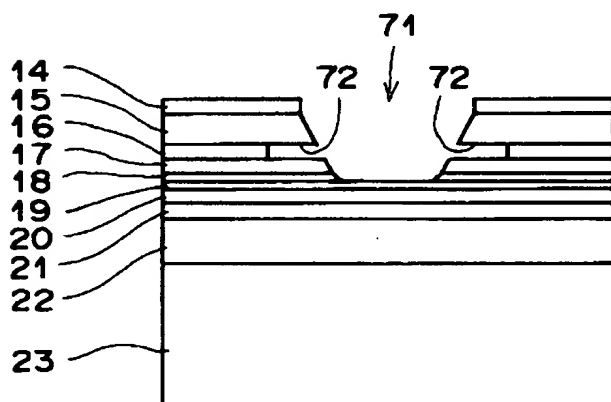
【図 3】



【図 4】

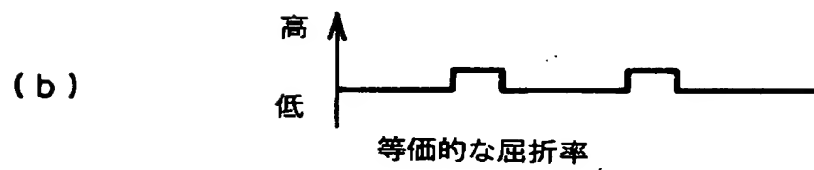
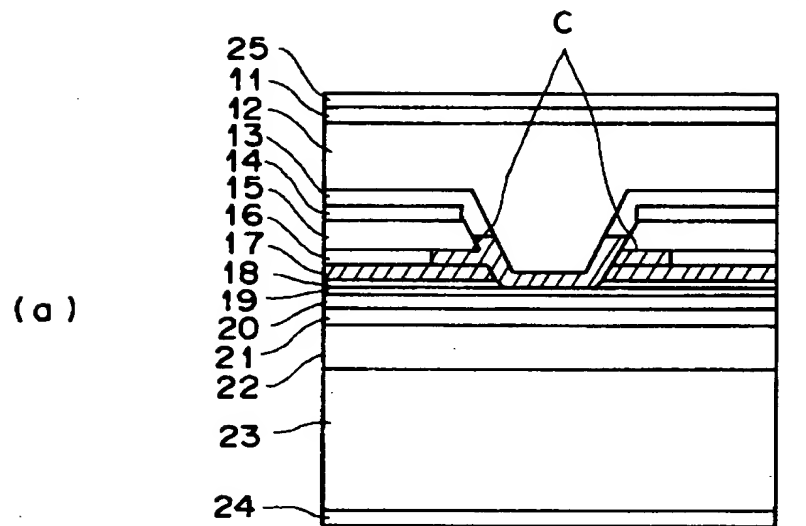


【図 5】

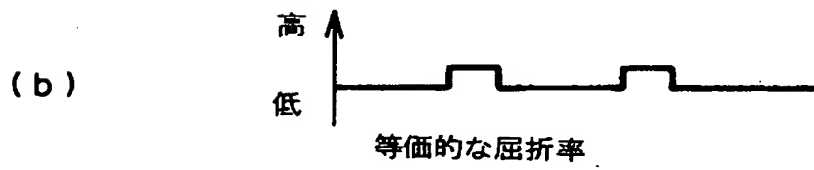
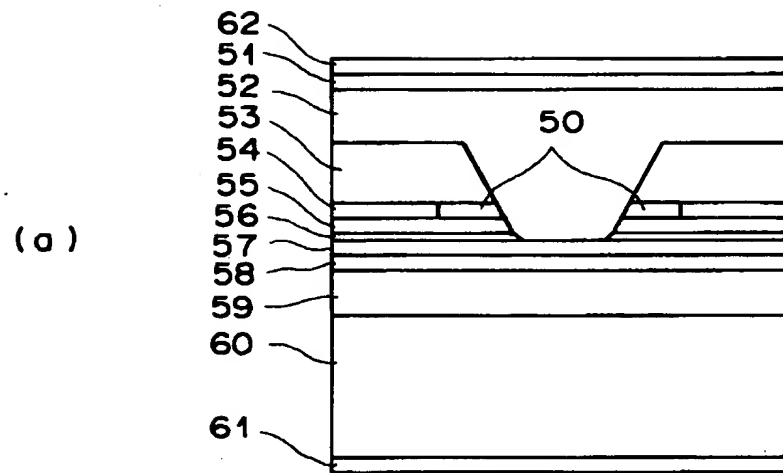




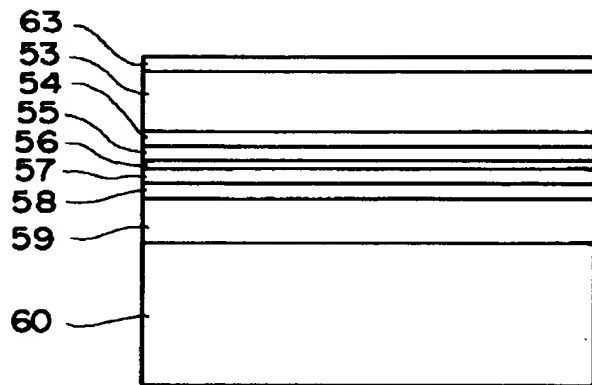
【図 6】



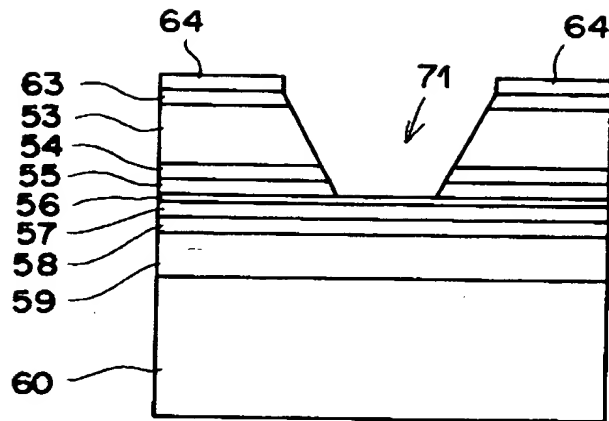
【図 7】



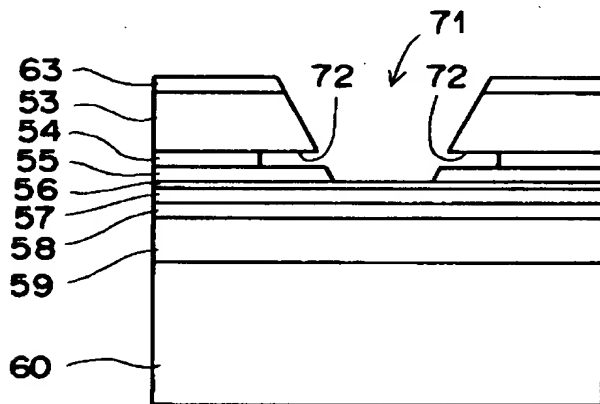
【図 8】



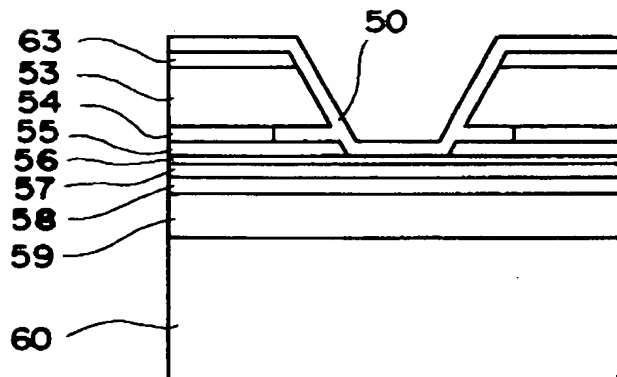
【図 9】



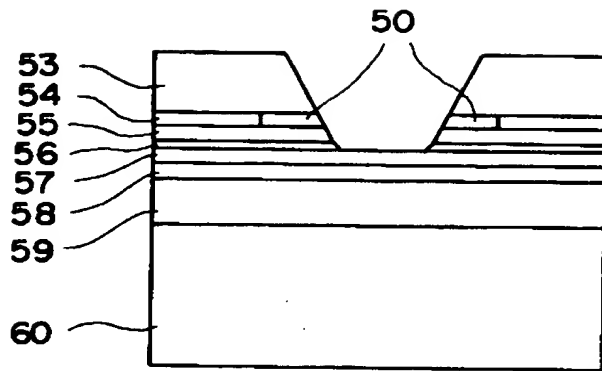
【図 10】



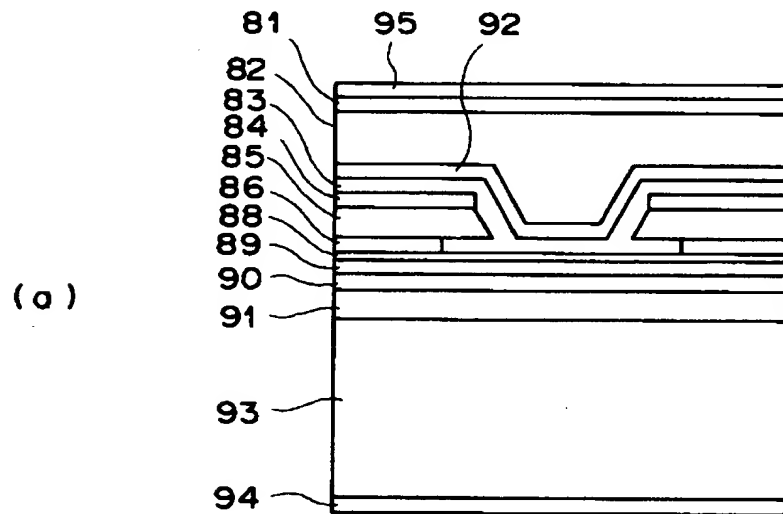
【図 11】



【図 12】

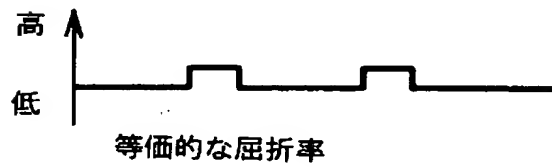


【図 13】

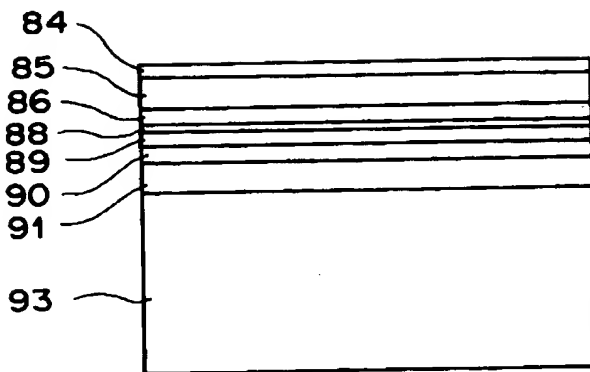


(a)

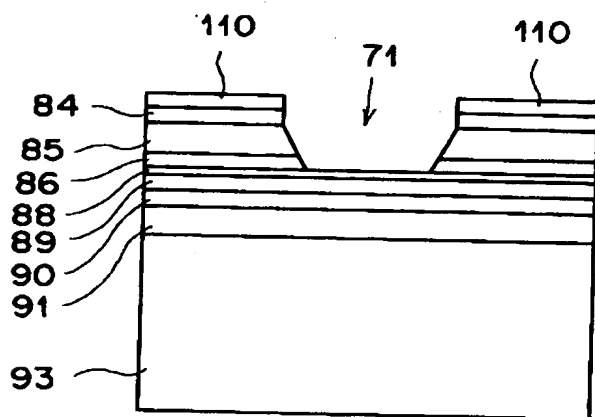
(b)



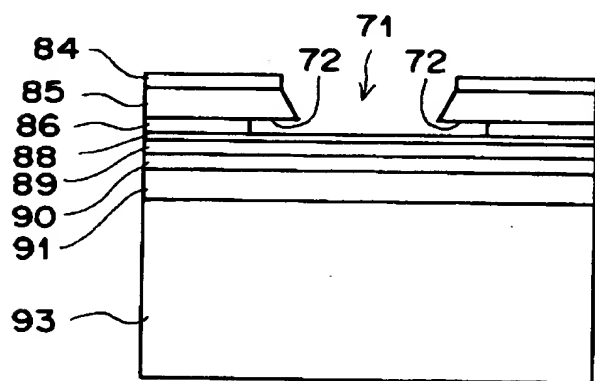
【図 1 4】



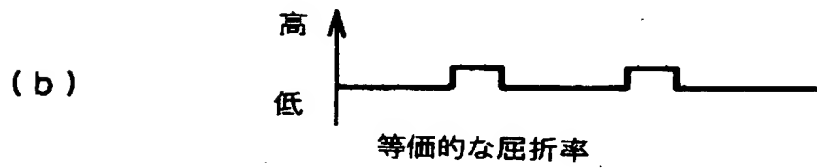
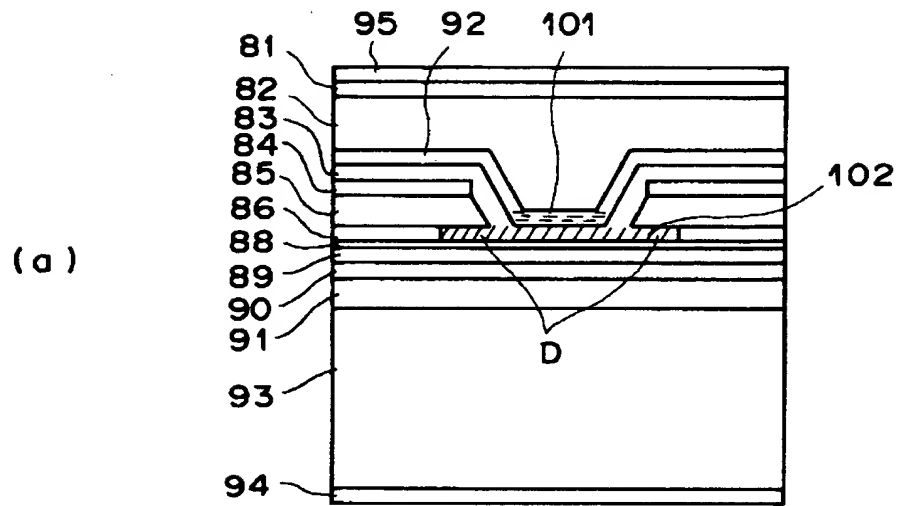
【図 1 5】



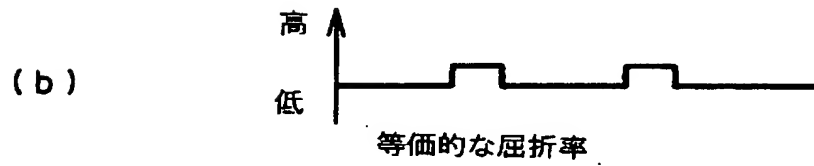
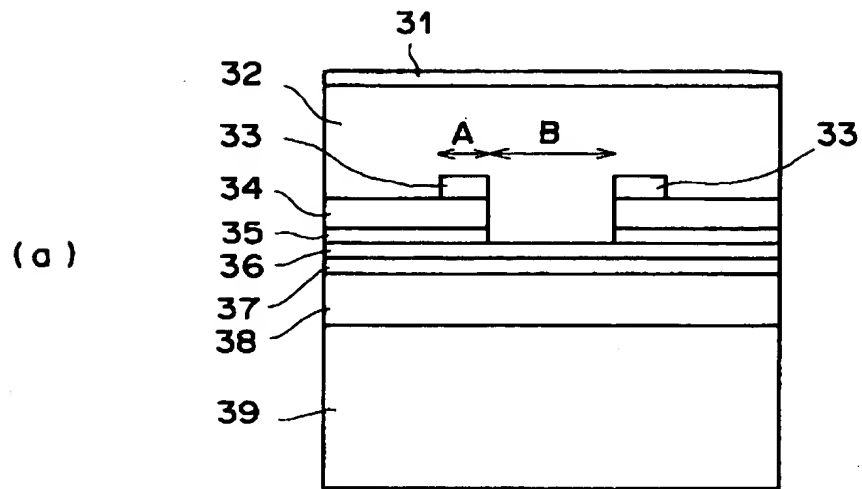
【図 1 6】



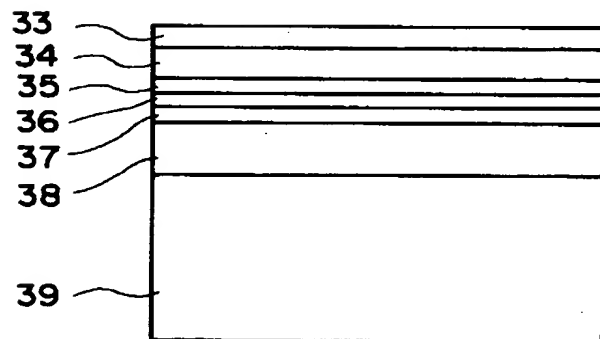
【図 1 7】



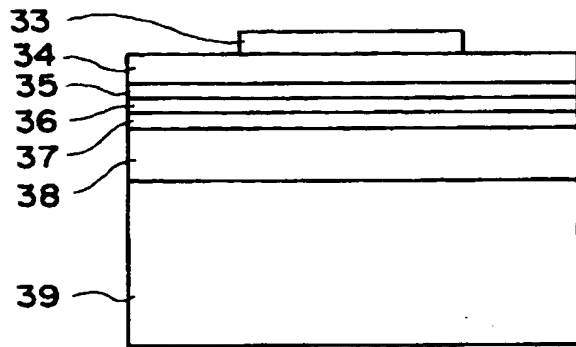
【図18】



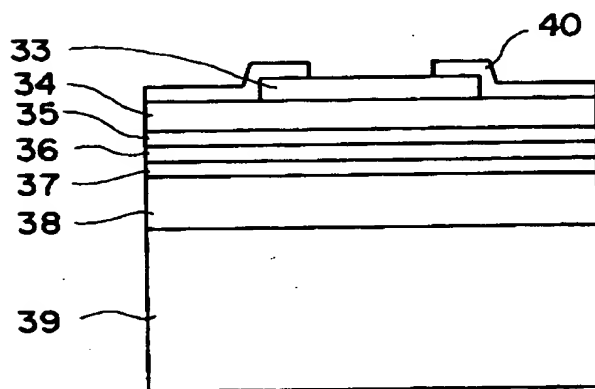
【図19】



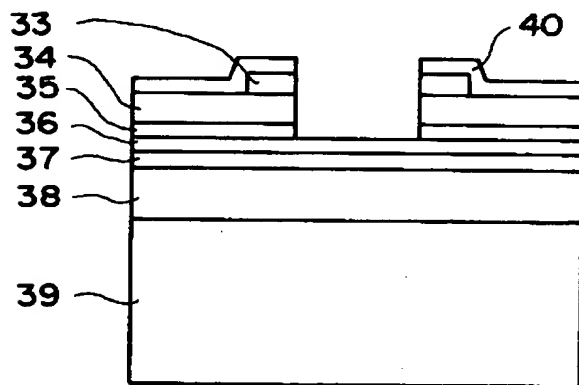
【図 2 0】



【図 2 1】



【図 2 2】





【書類名】                      要約書

【要約】

【課題】    互いに間隔をおいて延びる 1 対のガイド層の間に基本横モード光を閉じ込める S-ARROW 構造を有する半導体レーザーにおいて、ガイド部の形状の精度を高くして、安定して基本横モードで発光可能とする。

【解決手段】    活性層 21 およびそれと平行な複数の層 14, 15, 16, 17 を有する半導体レーザーにおいて、それらの層 14, 15, 16, 17 のうちの少なくとも一部の層を貫通する第 1 の溝 71 を形成し、この第 1 の溝 71 が貫通している層のうちの特定層 16 に、該第 1 の溝 71 から両側に所定位置まで延びる 1 対の第 2 の溝 72 を形成し、これらの第 2 の溝 72 の中に、上記特定層 16 より高屈折率の材料 13 を埋め込んで上記等価的屈折率が高い 2 つの部分形成する。

【選択図】                      図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2000-167710
受付番号	50000694889
書類名	特許願
担当官	第二担当上席 0091
作成日	平成12年 6月 6日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成12年 6月 5日
【特許出願人】	
【識別番号】	000005201
【住所又は居所】	神奈川県南足柄市中沼 210 番地
【氏名又は名称】	富士写真フイルム株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100073184
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3-18-20 B E N E X S-1 7階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	柳田 征史
【選任した代理人】	
【識別番号】	100090468
【住所又は居所】	神奈川県横浜市港北区新横浜 3-18-20 B E N E X S-1 7階 柳田国際特許事務所
【氏名又は名称】	佐久間 剛

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005201]

1. 変更年月日 1990年 8月14日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 神奈川県南足柄市中沼210番地  
氏 名 富士写真フイルム株式会社